

# FOLIA FORESTALIA 184

ETSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1973

---

---

OLAVI SAIKKU

LANNOITUKSEN VAIKUTUKSESTA MÄNNYN  
KUOREN MÄÄRÄÄN KANGASMAALLA

THE EFFECT OF FERTILIZATION  
ON THE AMOUNT OF THE BARK OF  
SCOTCH PINE IN FOREST LAND

- 1972 No 134 Aarne Reunala & Ilpo Tikkanen: Metsätilanomistajat metsätalouden edistämistoiminnan kohteena Keski-Suomessa.  
Non-farmer forest owners and promotion of private forestry. 4,—
- No 135 Pentti Hakkila & Olavi Saikku: Kuoriprosentin määrittäminen sahanhakkeesta.  
Measurement of bark percentage in saw mill chips. 1,50
- No 136 Ukko Rummukainen: Vesakontorjunta-aineiden ja rikkakasvinhävitteiden käytöstä metsänviljelyaloilla Suomessa vuosina 1969—1970.  
On the use of brush and weed killers on forest regeneration sites in Finland in 1969—70. 4,—
- No 137 Eino Mälkönen: Näkökohtia metsämaan muokkauksesta.  
Some aspects concerning cultivation of forest soil. 1,50
- No 138 P. J. Viro: Die Walddüngung auf finnischen Mineralböden. 2,50
- No 139 Seppo Kaunisto: Lannoituksen vaikutus istutuksen onnistumiseen ja luonnontaimien määrään rahkanevalla, Tuloksia Kivisuon koekentältä.  
Effect of fertilization on successful planting and the number of naturally born seedlings on a fuscum bog at Kivisuo experimental field. 1,50
- No 140 Matti Ahonen & Markku Mäkelä: Juurakoiden irrottaminen maasta pyöräkuormaajilla.  
Extraction of stump-root systems by wheel loaders. 2,50
- No 141 Yrjö Vuokila: Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta.  
Treatment of seedling stands from the viewpoint of production. 4,—
- No 142 Pentti Koivisto: Kainuun ja Pohjanmaan talousmänniköiden kehityksestä.  
On the development of Scots pine stands in central Finland. 2,—
- No 143 Matti Huovinen, Soini Silander, Paavo Tiuhonen & Juho Yli-Hukkala: Hakkuumiehen määrittämään runkolukuun perustuva leimikon pystymittaus.  
Stichprobenweise Massenermittlung am stehenden Holz eines ausgezeichneten Bestandes auf Grund von Stammzahlaufnahme durch den Holzfäller. 2,—
- No 144 Esko Leinonen: Puutavaran mittaus kuorma- ja otantamenetelmillä.  
Measurement of timber by the load and sampling methods. 4,—
- No 145 Esko Leinonen: Tilavuuspaino-otanta sahatukkien mittauksessa.  
Green density sampling in sawlog scaling. 1,50
- No 146 Markku Mäkelä: Kanto- ja juuripuun kuljetus.  
Transport of stump and root wood. 2,50
- No 147 Pentti Hakkila, Jouko Laasasenaho & Kari Oittinen: Korjuuteknisiä oksatietoja.  
Branch data for logging work. 2,—
- No 148 Pertti Mikkola: Metsähukkapiipun osuus hakkuupoistumasta Suomessa.  
Proportion of waste wood in the total cut in Finland. 2,—
- No 149 N. A. Osara: Some trends in world forestry with respect to Finland.  
Eräitä metsä- ja puutalouden kehitysilmiöitä maailmassa ja Suomessa. 1,—
- No 150 Ole Oskarsson: Suomalaiset plusmännyt ja pluskuuset.  
Finnish plus trees of Scots pine and Norway spruce. 14,—
- No 151 Pertti Harstela & Paavo Valonen: Työn tuotos, työntekijän fyysinen kuormittuminen ja värinäaltistus pelkässä kaadossa.  
Work output, physical load of the worker and exposure to vibration in feeling. 5,—
- No 152 Kari Keipi: Lannoituskustannukset ja tuottojen käsittely metsän lannoituksen kannattavuuslaskelmissa Norjassa, Ruotsissa ja Suomessa.  
The concept of forest fertilization returns in Norway, Sweden and Finland. 4,—
- No 153 Hannu Vehviläinen: Palkkaus ja työolot metsäkonetöissä syksyllä 1971.  
The working conditions and earnings of forest-machine operators in autumn 1971 in Finland. 9,—
- No 154 Paavo Tiuhonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn, kuusen ja koivun kuitupuutaulukot.  
Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern-, Fichten- und Birkenfaserholz. 7,—
- No 155 Paavo Tiuhonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn ja kuusen tukki-puutaulukot.  
Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern- und Fichtenblochholz. 2,50
- No 156 Eljas Pohtila: Tulokset Perä-Pohjolan valtionmailla vuosina 1930—45 tehdyistä kuusiviljelyistä.  
Results of spruce cultivation from 1930—45 on state-owned lands in Perä-Pohjola. 1,50
- No 157 Eino Mälkönen: Hakkuutalteenoton vaikutus männikön ravinnevaroihin.  
Effect of harvesting logging residues on the nutrient status of Scotch pine stands. 1,50
- No 158 Kaarlo Kinnunen & Erkki Lähde: Kylvöajankohdan vaikutus kennotaimien kehitykseen ensimmäisen kasvukauden aikana.  
The effect of sowing time on development during the first growing season of seedlings grown in paper containers. 2,50
- No 159 Pentti Hakkila: Oksaraaka-aineen korjuumahdollisuudet Suomessa.  
Possibilities of harvesting branch raw material in Finland. 2,—
- No 160 Kullervo Etholén: Männyn viljelyn tulos Pohjois-Suomessa ja siemenen alkuperä.  
The success of artificial regeneration of Scots pine in Northern Finland and origin of seed.  
Состояние культур сосны в Северной Финляндии и происхождение семян. 3,—



Olavi Saikku

LANNOITUKSEN VAIKUTUKSESTA MÄNNYN KUOREN  
MÄÄRÄÄN KANGASMAALLA

The effect of fertilization on the amount of the bark of  
Scotch pine in forest land

ALKUSANAT

Tutkimus liittyy osana metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosaston "Puu-tavaran kuoren määrää" selvittelevään laajempaan tutkimukseen. Kyseisen tutkimuksen aineisto on kerätty metsäntutkimuslaitoksen maantutkimusosaston vuosina 1961 ja 1962 perustamilta lannoituskoealoilta.

Tutkimuksen tilastollisissa analyyseissä on auttanut valtiotieteiden kandidaatti ARJA

PANHELAINEN. Laboratoriotyöt sekä laskutoimituksen ovat tehneet laborantti KAARINA KOSKINEN ja tekniikan ylioppilas TAUNO SAVOLAINEN ja konekirjoitustyön rouva AUNE RYTKÖNEN. Käsikirjoituksen ovat metsäntutkimuslaitoksen puolesta tarkastaneet vt. professori PENTTI HAKKILA ja professori VEIJO HEISKANEN.

Kiitän kaikkia työhön osallistuneita.

Helsingissä 1973-08-21

Olavi Saikku

## SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
SUMMARY .....	3
LYHENNELMÄ .....	5
1. JOHDANTO .....	6
2. MENETELMÄ .....	7
3. AINEISTO .....	8
4. TUTKIMUKSEN TULOKSET .....	9
41. Lannoituksen vaikutus rungon keskimääräiseen kuoriprosenttiin .....	9
42. Lannoituksen vaikutus kuoren määrään rungon eri korkeuksilla .....	12
421. Kuoren paksuus .....	12
422. Kuoriprosentti .....	12
5. TULOSTEN TARKASTELUA .....	13
KIRJALLISUUTTA .....	15



## SUMMARY

The purpose of this study was to examine the effect of fertilization, primarily the effect of different nutrients, on the amount of bark. Probable changes in the amount of the bark of fertilized trees compared with unfertilized trees affects above all the measurement of timber and the raw material calculations of the bark-using industry. This work is limited to two 60-year old Scotch pine stands grown on forest land. These two stands correspond in a number of respects to the kind of stands that are commonly recommended for fertilization before final cutting (Figure 1).

The basis for finding out the possible effects of nutrient was the way in which the amount of bark varied in trees of the same size in different fertilizing parcels. For example, was there a difference in the amount of bark between trees 20 meters high which had been fertilized with nitrogen or phosphorus.

The research material comprised 332 pine stems from which 3358 disks were sawn (Table 2). The amount of bark was determined from the double thickness of the bark in the disks.

The sample plots were established in 1961 and 1972. The fertilizing was carried out at three different times. While establishing the sample plots, the fertilizers used per hectare were 400 kg of ammonium sulphate, 400 kg of rock phosphate, 2000 kg of ground limestone and 200 kg of potassium chloride. The lay-out used was  $2^4$  factorial experiment, containing 17 parcels (2 parcels as control parcels) measuring 40 x 40 meters, treated in different ways (Figure 2). The fertilizers were applied between June and July. At the next two fertilizations only the parcels containing nitrogen were fertilized, first with 400 kg of ammonium sulphate and secondly with 200 kg of urea. On the sample plot established in 1969 the second fertilization was carried out in June 1963 and the third in May 1969. On the other sample plot the times were June 1964 and May 1969. The whole period of the effect of fertilization that was examined was 10 years.

Data on the condition of the stands at the beginning of the test are given in Table 1.

Nitrogen was the only nutrient that had an effect on the amount of bark, owing to its increasing effect on the volumetric growth of the trees. There seemed to be enough of other nutrients in the soil. No interaction of the nutrients was observed.

In the further analysis of this study only those parcels containing nitrogen are considered to be fertilized and all the others unfertilized owing to the fact that nitrogen was the only nutrient that had an effect on the amount of bark.

All the variables indicating the size of the tree explained well the average bark percentage of the stem, of which height was the best (Table 3).

The bark percentages of the stems in the fertilized parcels were lower than those in the unfertilized parcels. The difference was about 1 per cent unit in trees 10 meters high and it decreased with the increase in height to about one half per cent unit in 20-meter trees (Figure 3). Statistically, the intra-stem difference between fertilized and unfertilized trees was almost significant.

The thickness of the bark at different stem-heights in fertilized trees was about 1 millimeter smaller than in unfertilized trees at the butt of the tree. The difference evened out at height of 2 meters. Within the area of the thin bark, from about the height of 25 per cent upwards, there were no differences between the thicknesses. (Figures 4 and 5).

The differences in bark percentage at different heights were small (Figures 6 and 7). Tested with t-test, the differences in bark thicknesses and percentages at different heights showed no significance. This was due to the great variation in the amount of bark within different heights.

The difference of one half per cent unit in bark percentage between fertilized and unfertilized trees means a decrease of 4 per cent in the total volume of bark in trees of 13.5 bark percentage by volume. When using breast height diameter above the bark in different measurements and studies it is important to

pay attention to the diminishing of the thickness of the bark in fertilized trees.

On the whole, it seems that nitrogen which was the only nutrient that improved the growth of the tree, decreases the amount of bark by

increasing the size of the tree and by improving the quality class of the site. This phenomenon is similar to that observed on moving from a low growing site type to a better one.



## LYHENNELMÄ

Tutkimuksessa on pyritty tarkastelemaan lannoituksen, lähinnä eri ravinteiden, vaikutusta kuoren määrään. Mahdolliset vaihtelut lannoitettujen puiden kuoren määrässä verrattuna lannoittamattomaan vaikuttavat olennaisesti mm. puutavaran mittauskysymyksiin ja kuorta käyttävän teollisuuden raaka-ainearvioihin. Työ rajoittuu kahteen kangasmaalla kasvaneeseen 60-vuotiaaseen männikköön, jotka osittain vastaavat lannoitussuosituksen ennen päätehakkuuta tapahtuvaa lannoitusta (kuva 1).

Ravinteiden mahdollisten vaikutusten selville saamiseksi oli perustana se, millä tavalla kuoren määrä vaihtelee eri lannoiteruuduissa samankokoisten puitten kesken. Esimerkiksi onko eroa 20 metrisen tyypellä lannoitetun ja fosforilla lannoitetun puun kuoren määrässä.

Tutkimusaineisto koostuu 332 mäntyrungota, joista sahattiin yhteensä 3358 kiekkoa rungon tyvestä lähtien 2 metrin välein oksatomista kohdista rungosta (taulukko 2). Kuoren määrä laskettiin kiekkojen kaksinkertaisen kuoren paksuuden mukaan.

Lannoituskoealoilla suoritettiin kolme lannoituskertaa. Ensimmäisellä kerralla oli faktori- koe, jossa käytettiin kalsiumin, typen, fosforin ja kalin eri kombinaatioita. Kahdella seuraavalla kerralla lannoitettiin vain tyypeä sisältävät ruudut tyypilannoitteilla. Koko lannoituksen vaikutusajanjakso oli kymmenen vuotta.

Tutkimuksen tulokset ovat seuraavat:

Typpi oli aineiston mäntykankaalla ainoa kuoren määrään vaikuttava ravinne sen puun kasvua lisäävän vaikutuksen johdosta. Muita ravinteita näytti olevan riittävästi, eikä niitten yhdysvaikutuksia havaittu.

Tulosten jatkotarkastelussa käytetään tyypelisten ja tyypettömien ruutujen kuoren määrien vertailussa termejä lannoitettu ja lannoittamaton, tyypellisten lannoitteiden ollessa ainoita vaikuttavia lannoitteita.

Kaikki puun kokoa osoittavat muuttujat selittivät hyvin rungon keskimääräisen kuoriprosentin vaihtelua. Pituus oli niistä parhain (taulukko 3).

Lannoitettujen ruutujen runkojen kuoriprosentit ovat alhaisempia kuin lannoittamattomien. Ero on 10 metrin puissa yhden prosenttiyksikön luokkaa ja pienenee puun pituuden kasvaessa ollen 20 metrin puissa noin puoli prosenttiyksikköä (kuva 3). Tilastollisesti oli ero lannoitettujen ja lannoittamattomien välillä melkein merkitsevä.

Kuoren paksuus rungon eri korkeuksilla on lannoitetuissa puissa noin 1 millimetriä pienempi rungon alaosassa puun pituudesta riippumatta. Ero tasoittuu jo 2 metrin korkeudella. Hilsekuoren osuudella, noin 25 %:n korkeudesta ylöspäin, ei eroja ilmene (kuvat 4 ja 5).

Erot rungon eri korkeuksilla olevissa kuoriprosenteissa ovat pienet (kuvat 6 ja 7). Testattaessa t-testillä rungon eri korkeuksilla olevien kuoren paksuuksien ja kuoriprosenttien eroja ei niistä mikään osoittautunut merkitseväksi. Tämä johtuu kuoren määrän suuresta hajonnasta.

Tuloksissa saatu puolen prosenttiyksikön ero lannoitettujen ja lannoittamattomien puitten välillä merkitsisi kuorimäärältään 13.5 tilavuusprosentin puustossa noin 4 prosentin vähennystä kuoren kokonaistilavuuteen. Käytettäessä kuorellista rinnankorkeusläpimittaa erilaisissa mittauksissa ja tutkimuksissa, on syytä ottaa huomioon kuoren paksuuden pieneminen lannoitetuissa puissa.

Kokonaisuutena näyttää siltä, että typpi, joka oli ainoa merkitsevästi kasvua parantanut ravinne lannoituskokeissa, vähentää kuoren määrää puun koon suurentumisen ja boniteetin parantumisen seurauksena. Ilmiö on samanlainen kuin siirryttäessä huonompikasvuiselta parempikasvuiselle metsätyypille.

## 1. JOHDANTO

Puun tuotannon lisäämiseksi on ryhdytty voimallisesti lannoittamaan metsiämme. Vuonna 1969 lannoitettiin kaikkiaan 145 000 ha, ja Mera ohjelman tavoitteena on v. 1985 ja sen jälkeen 700 000 ha vuotta kohti. Näin suurten lannoitustavoitteiden ollessa kyseessä on tarpeellista selvittää lannoituksen vaikutusta myös kuoren määrään, joka liittyy olennaisesti mm. puutavaran mittauskysymyksiin ja kuorta käyttävän teollisuuden raaka-ainearvioihin.

Lannoituksen vaikutusta kuoren määrään on tutkittu vain vähän. Yleensä on viitattu kuoren määrään vaikuttavien eri tekijöiden vaikutuksiin. VIRON (1965) mukaan tyyppi edistää rungon läpimitan kasvua siten, että tapahtuu tavanomaista enemmän kuoren hilseilyä. Tästä seurauksena kuoren suhteellinen osuus pienenee. Ojitetulla turvealustalla kasvilla männyillä on havaittu kuoren ohentuneen keskimäärin 1–2 millimetriä lannoituksen vaikutuksesta (KARSISTO & PAAVILAINEN 1969).

Tutkimuksen taustaksi on aluksi syytä tarkastella kuoren määrän riippuvuuksia eri tekijöistä. Kuoren määrään vaikuttavia tekijöitä ovat rungon ikä, rinnankorkeusläpimitta, pituus, kasvupaikan laatu, puun asema metsikössä, maantieteellinen sijainti, runkoluku, maaston kaltevuus, kosteusolot ja mittauksen ajankohta. (ÖSTLIN 1963a, ILVESSALO 1965). Näitten tekijöitten vaikutukset ovat männyllä seuraavanlaiset.

Puun koon kasvaessa kuoren absoluuttinen paksuus rinnankorkeudella lisääntyy, mutta suhteellinen osuus pienenee (ARO 1935, ÖSTLIN 1963b, ILVESSALO 1965). Kuori on samantipuisissa puissa sitä paksumpi, mitä suurempi rinnankorkeusläpimitta on. Siis huonomman runkomuodon omaavalla puulla on kuori paksumpaa. Iän mukana kuoren paksuus kasvaa hiukan, mutta tilavuusprosentti laskee samassa läpimittaluokassa ja boniteetissa (ÖSTLIN 1963b). Seuraavasta lukusarjasta ilmenee kuoren määrän riippuvuus puun koosta runkomuodoltaan keskimääräisissä puissa.

Rinnankorkeusläpimitta kuoren päällä, cm

Puulaji	5	15	20	25
	Kuorta % kuorellisesta kuutiomäärästä			
Mänty	29	17	14	12

Kasvupaikan merkitys kuoren paksuuteen on männyllä vähäinen. Kuoren tilavuusprosentti nousee säännöllisesti boniteetin huonontuessa, mikä johtunee puun pienemmästä koosta (ÖSTLIN 1963b). Männy kuori muuttuu Suomessa ja Ruotsissa etelästä pohjoista kohti siirryttäessä ohuemmaksi erojen ollessa suuret maan erisien välillä (TAMMINEN 1962, ILVESSALO 1965). ÖSTLIN 1963b on esittänyt seuraavan boniteetin vaikutusta kuvaavan lukusarjan männylle, jossa luokka II edustaa hyvää, luokat IV ja V keskimääräistä sekä luokka VIII huonointa kasvupaikkaa.

	Boniteettiluokka		
	II	IV, V	VIII
	Kuorta kuorellisesta kuutiomäärästä		
Pohjois-Ruotsi	11	15	21
Etelä-Ruotsi	16	19	26

Rungon pituussuunnassa männy paksu roso-kaarna ohenee nopeasti muutaman metrin matkalla tyvestä latvaa kohti, kunnes se muuttuu hilsekuoreksi n. 25 %:n korkeudella. Hilsekuoren alueella männy kuoren paksuus pysyy miltei muuttumattomana latvan ylintä kärkeä lukuunottamatta (ÖSTLIN 1963a, HAKKILA 1967). Kuoren keskittymistä puun tyveen kuvaa seuraava asetelma (HAKKILA 1967).



Kuva 1. Tutkimuskoeala 60-vuotiaassa männikössä.

Figure 1. Sample plot in a 60-year old Scotch pine stand.



Puulaji	Puun pituus, m		
	10	15	20
	4-m tyvipölkyn kuoren paino, % koko puun kuoren painosta		
Mänty	76	68	57

Kuoren tilavuusprosentti TAMMISEN (1962 ja 1964) ja kuoren painoprosentti HAKKILAN

## 2. MENETELMÄ

Ravinteiden mahdollisten vaikutusten selville saamiseksi oli perustana se, millä tavalla kuoren määrä vaihtelee eri lannoiteruuduissa samankokoisten puitten kesken. Esimerkiksi oliko eroa 20 metrisen tyypellä lannoitetun ja fosforilla lannoitetun puun kuoren määrässä.

Koealakohtaisina tietoina käytettiin kunkin lannoitusruudun runkolukua, keskipituutta ja kuutiomäärää. Yksittäisistä koepuista mitattiin rungon pituus, rinnankorkeuslähimitta kuoren päältä ja elävän latvuksen pituus.

Jokaisesta koepuusta sahattiin kiekkoja tyvilleikkauksesta lähtien kahden metrin välein n. 4 senttimetrin vahvuiseen latvaan saakka. Toiselta koealalta otettiin kiekkonäytteitä myös 0.65 ja 1.3 metrin korkeudelta tyvilleikkauksesta. Oksakohtia pyrittiin välttämään ja ottamaan näyte oksattomalta kohdalta. Kiekon paksuus oli n. 5 senttimetriä.

Kiekon läpimitta mitattiin ristiin mitaten kuoren päältä ja alta tasaavin millimetreinä. Rosokaarnaisten tyvikiekkojen mittauksessa kuoren päältä tasoitettiin rosoiset kohdat, jolloin saatiin ksylometrimittausta vastaavat tulokset. Läpimittaa kuoren alta mitattaessa poistettiin kuori.

Kuoren määrän toteamiseksi käytettiin kuoren kaksinkertaista paksuutta millimetreinä. Koko rungon kuoren tilavuusprosentti laskettiin eri korkeuksilta saatujen kuorellisen ja kuoretoman läpimitan neliöitten summan erotuksena ottaen huomioon myös kiekon edustaman rungonosan pituus. Kaava oli seuraava:

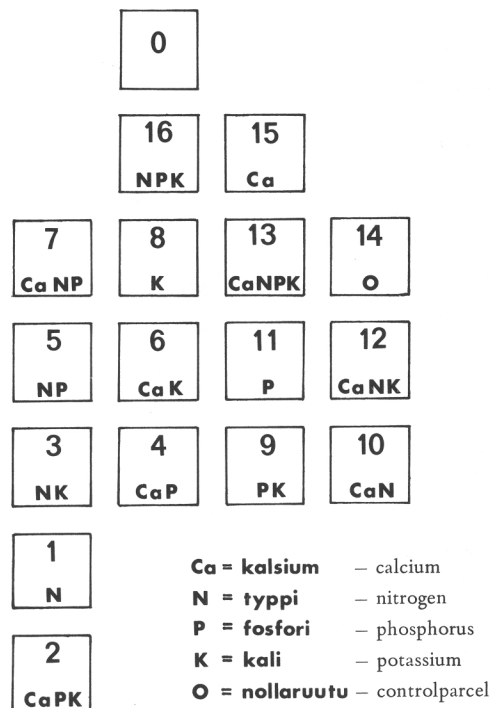
$$x = 100 \left( 1 - \frac{\sum b^2}{\sum a^2} \right) \text{ jossa:}$$

x = rungon kuoren tilavuusprosentti  
a = kiekon kuorellinen läpimitta  
b = kiekon kuoretoman läpimitta.

(1967) mukaan on männyllä rungon tyvessä 13–30 laskien aluksi latvaa kohti siirryttäessä alle 10 ja alkaen noin 40 %n korkeudesta lähtien nousta.

Tutkimuksessa on pyritty tarkastelemaan eri ravinteiden yksittäis- ja yhteisvaikutuksia kuoren määrään. Työ rajoittuu kahteen kangasmaalla kasvaneeseen 60-vuotiaaseen männikköön.

Kuoren tilavuusprosentteja analysoitaessa käytettiin 2-suuntaista varianssianalyysiä eri ravinteiden vaikutusten selville saamiseksi, kovarianssianalyysiä mahdollisten regressiomuuttujien eliminoimiseksi sekä regressioanalyysiä kuvattaessa kuoriprosentin riippuvuutta eri tekijöistä. Kuoren paksuuden vertailussa eri korkeuksilla eri lannoiteruutujen välillä on käytetty keskiarvoja sekä niiden hajontoja.



Kuva 2. Lannoitusruudut koealalla 156.

Figure 2. Fertilized parcels on sample plot 156.

### 3. AINEISTO

Aineisto hankittiin syksyllä 1971 ja 1972 Metsäntutkimuslaitoksen maantutkimusosaston perustamilta lannoituskoealoilta numerot 114 ja 156 Heinolasta (taulukko 1). Koealat olivat faktorikokeita, joissa oli käytetty kalsiumin, typen, fosforin ja kalin eri kombinaatioita. Ruutuja oli koealalla 17, joista kaksi nollaruutua (kuva 2).

Taulukko 1. Koealatiedot ennen lannoitusta.  
Table 1. Data on stands before fertilization.

Perustettu — Established	Koeala 114	Koeala 156
	Kesäkuu — June 1961	Heinäkuu — July 1962
Metsikön ikä — Age of stand, years	60	60
Keskipituus, m — Average length, m	20.7	19.7
Kuutiomäärä, m <sup>3</sup> /ha — Volume, cu.m./ha	202	178
Runkoluku, kpl/ha — Number of stems/ha	531	560
Metsätyyppi — Site type	VT	MT

Lannoitukset tapahtuivat koealoittain seuraavasti:

Lannoituskerat	Lannoitusajankohta	Koeala 114
I	kesäkuu —61	Faktorikoe (Ca 2000, N 400, P 400 ja K 200 kg/ha)
II	kesäkuu —63	Typpilannoitus vain typpeä sisältäville ruuduille, 400 kg/ha, ammoniumsulfaattia
III	toukokuu—69	Typpilannoitus vain typpeä sisältäville ruuduille, 200 kg/ha, ureaa

Koeala 156

I	heinäkuu —62	Faktorikoe (Ca 2000, N 400, P 400, K 200 kg/ha)
II	kesäkuu —64	Typpilannoitus vain typpeä sisältäville ruuduille, 400 kg/ha, ammoniumsulfaattia
III	toukokuu—69	Typpilannoitus vain typpeä sisältäville ruuduille, 200 kg/ha, ureaa.

Jokaisen koealan ruuduista poimittiin 10 koepuuta läpimitan mukaan systemaattista otantaa käyttäen. Aineiston määrä selviää taulukosta 2.

Taulukko 2. Aineiston määrä.  
Table 2. The research material.

	Koeala 114	Koeala 156	Yhteensä Total
	Sample plot 114	Sample plot 156	
Kappaletta — Number			
Ruutuja — Plots	17	17	34
Koepuita — Trees	164	168	332
Kiekkoja — Discs	1705	1653	3358

Koepuut jaettiin vain kahteen pituusluokkaan, koska aineisto oli tasainen ja hajonta pieni kyseisissä luokissa. Luokkien rajat olivat seuraavat:

Puun pituus- rajat luokassa, m	Luokan teoreet- tinen keski- arvo, m	Todel- linen keski- arvo, m	Ha- jonta, m	Koepui- ta luo- kassa, kpl
12.5—17.4	15.0	15.9	1.3	109
17.5—22.5	20.0	20.1	1.5	222



## 4. TUTKIMUKSEN TULOKSET

### 41. Lannoituksen vaikutus rungon keskimääräiseen kuoriprosenttiin

Ravinteiden lisäksi katsottiin kuoren määrään mahdollisesti vaikuttaviksi tekijöiksi jäävän johdannossa mainitut puun kokoa ilmaisevat rinnankorkeusläpimitta, pituus ja kapeneminen (kuorellinen tilavuus). Runkoluku jätettiin pois selittävästä tekijöistä sen osoittauduttua merkityksettömäksi käsiteltäessä osa-aineistoa valikoivalla regressioanalyysillä. Pois jäivät kasvu- paikan laatu, puun asema metsikössä, maantieteellinen sijainti, maaston kaltevuus ja kosteusolosuhteet aineiston homogeenisuuden vuoksi (kuva 1, taulukko 1).

Taulukko 3. Kuoren määrään vaikuttavien tekijöitten selitysaste ( $R^2$ ) ja merkitsevyys (F-arvo).

Selittävä muuttuja	Selitysaste, %	F-arvo
Puun pituus	23	98.09
Typpi	24	4.03
Fosfori	25	3.00

Valikoivassa regressioanalyysissä (taulukko 3) käytettiin muuttujina ravinteita sekä rungon kokoa kuvaavia tekijöitä. Rungon kokoa edustavat muuttujat, pituus, rinnankorkeusläpimitta ja tilavuus korreloivat vahvasti kuoren tilavuusprosentin kanssa. *Pituus* osoittautui parhaimmaksi selittäjäksi selitysasteella 23 % ja F-testiarvolla 98.09 (taulukko 3). Alhainen selitysaste johtuu aineiston suppeasta pituusjakautumasta. Typen merkitys oli muitten kokoa osoittavien muuttujien kanssa vielä hiukan merkitsevä, kun taas fosfori jäi testiarvoltaan 3.00 alle asetetun F minimin. Typen ja fosforin lisääminen nosti selitysastetta kukin noin prosentilla. Kalkki ja kali eivät lisänneet lainkaan selitysastetta.

Kuoren tilavuusprosenttiin vaikuttavana ravinteena oli analyysin mukaan ainoastaan typpi merkitsevä. Tilavuusprosentti selitettävänä ja puun pituus selittävässä muuttujana on määritetty regressioyhtälöt tyypettömien ja tyypellisten ruutujen kuoren tilavuusprosentteille.

$$\text{Typetön } (N_0) \quad y = 22.8 - 0.48x \quad R = 0.434 \quad S = 2.7$$

$$\text{Tyypellinen } (N_1) \quad y = 21.4 - 0.44x \quad 0.497 \quad 2.3$$

y = kuoren tilavuusprosentti  
x = puun pituus, m

Yhtälöiden perusteella piirretty kuva 3 osoittaa tyypellä lannoitettujen ruutujen kuoren tilavuusprosenttien olevan alhaisempia kuin tyypettömällä. Ero on 10 metrin puissa yhden prosenttiyksikön luokkaa ja pienenee puun pituuden kasvaessa ollen 20 metrin puissa noin puoli prosenttiyksikköä.

Maantutkimusosaston mittausten mukaan oli ainoastaan tyypellä merkitystä kuutiokasvuun (taulukko 4). Yhdysvaikutuksia ei kyseisillä koealoilla ollut merkittävässä määrin.

Taulukko 4. Ravinteiden yksittäisvaikutukset kuutiokasvuun.

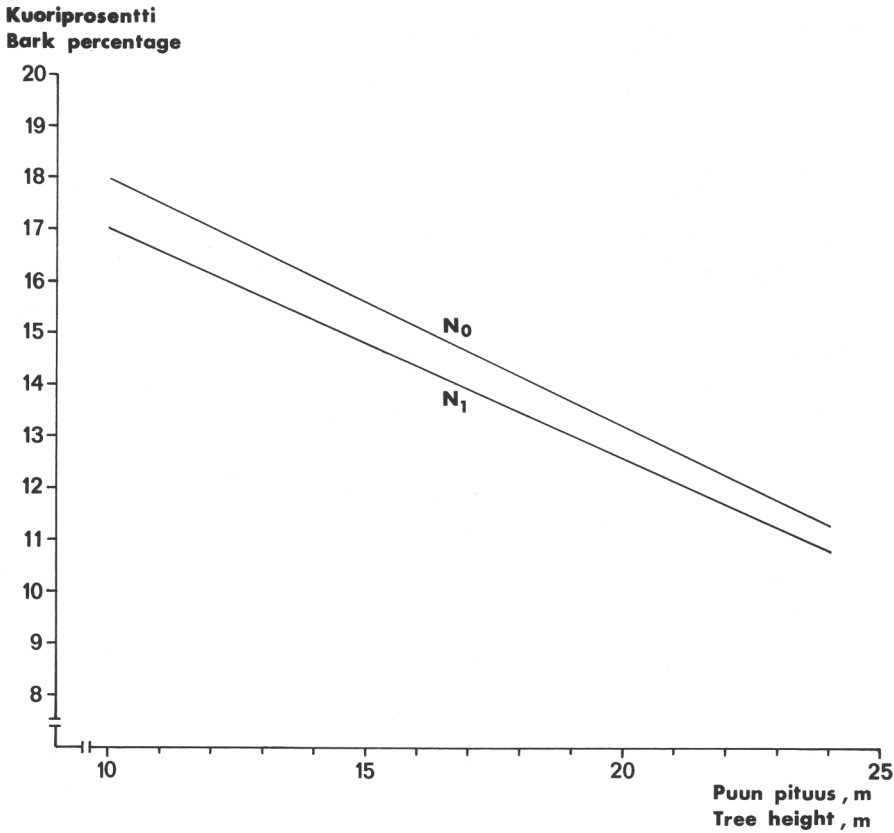
Table 4. The single effects of nutrients on volume growth.

Ravinne Nutrient	Koeala 114 Sample plot		Koeala 156 Sample plot	
	1961-65	1966-70	1962-66	1967-72
	Vaikutukset m <sup>3</sup> /vuosi - Effects cu.m/year			
Ca	0.4	-0.2	0.0	-0.4
N	2.1	1.4	1.5	1.3
P	-0.7	-0.9	0.1	0.4
K	-0.5	-0.6	0.5	0.7

Ravinteiden yksittäisvaikutuksia ja parittaisia yhdysvaikutuksia kuoren määrään testattiin 2-suuntaisella varianssianalyysillä.

Vaihtelu- lähde	Varianssi	F-arvo	Taulukon F-arvot
Ca	0.633	0.10	F (5 %) = 3.84
N	78.316	12.20 <sup>***</sup>	F (1 %) = 6.63
P	0.235	0.04	
K	2.222	0.34	

Typen vaikutus oli erittäin merkitsevä. Muilla lannoitteilla ei ollut vaikutusta. Suurin yhdysvaikutusten F-arvo, 1.42, saatiin fosforille ja kalille, joka jää huomattavasti alle 5 %:n arvon 3.84 eikä niin ollen ole merkitsevä.



Kuva 3. Rungon kuoriprosentin riippuvuus rungon pituudesta. Ylempi käyrä lannoittamaton ( $N_0$ ) ja alempi lannoitettu ( $N_1$ ).

Figure 3. Correlation between bark percentage and tree height in Scotch pine stems. The upper curve is for unfertilized ( $N_0$ ) and the lower curve for fertilized ( $N_1$ ) trees.

Pituus korreloi voimakkaasti kuoren tilavuusprosentin kanssa (kuva 3). Koska runkojen keskipituus typpettömissä ruuduissa oli 18.2 metriä

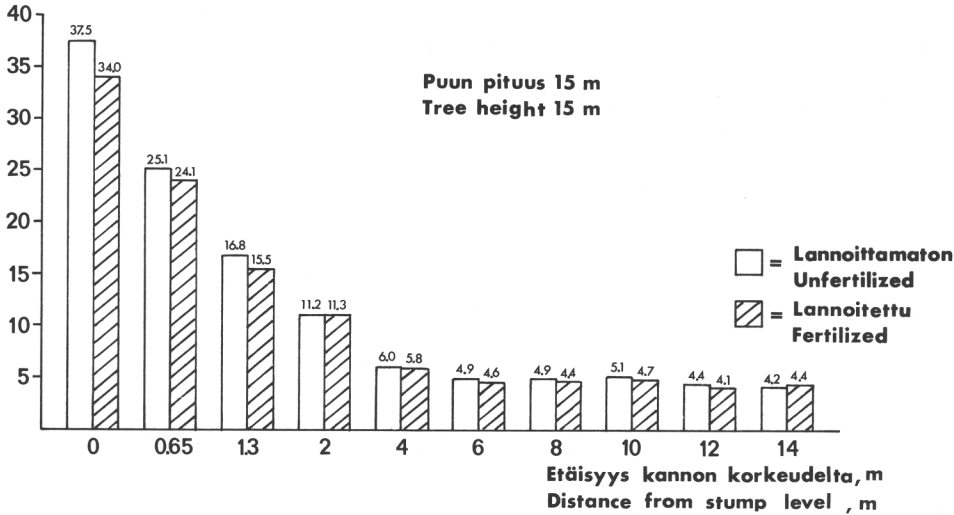
Taulukko 5. Typpettömien ( $N_0$ ) ja typpellisten ( $N_1$ ) runkojen kuoren tilavuusprosentin testaus kovarianssianalyysillä regressiokertoimena pituus.

Vaihtelulähde	Keskipituus, m	Keskimääräinen kuoriprosentti	F-arvo
$N_0$	18.2	14.0	4.02*
$N_1$	19.2	13.0	

ja typpellisissä 19.2 metriä, antaa varianssianalyysi virheellisen tuloksen typen yksittäisvaikutukselle. Virheen eliminoimiseksi testattiin kovarianssianalyysillä (taulukko 5) typpettömien ja typpellisten ruutujen kuoren tilavuusprosenttien erot käyttäen regressiomuuttujana pituutta, jolloin pituuden vaikutus kuoriprosenttiin tuli huomioon otetuksi.

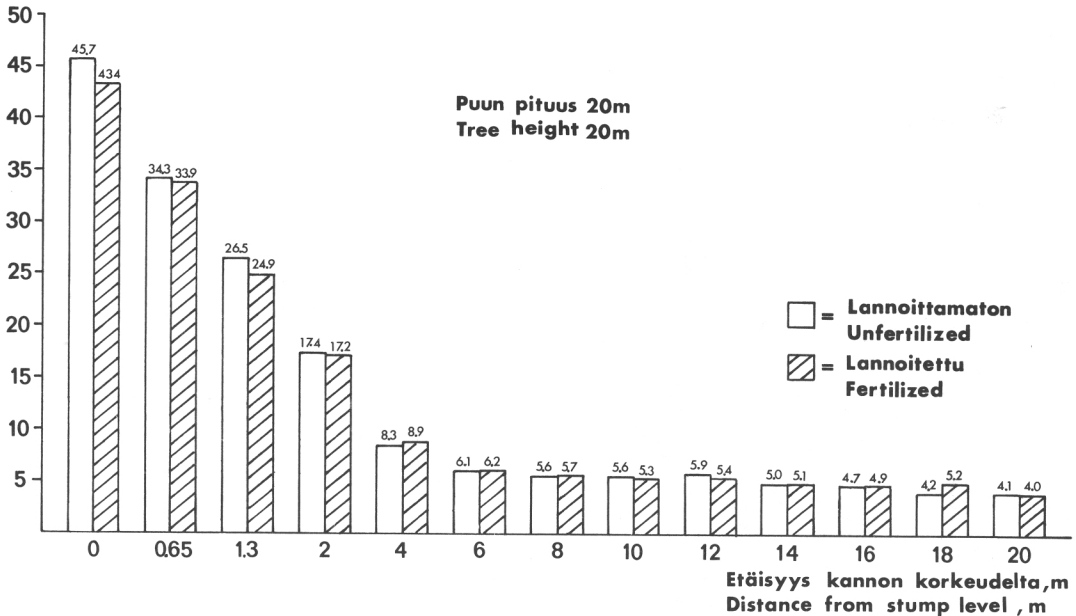
Testaus osoittaa, että typen merkitys on tilastollisesti vain *melkein merkitsevä* runkojen välisessä tilavuusprosentin vaihtelussa vertailtaessa samankokoisia puita. Typpilannoituksen saaneitten ruutujen pienempi kuoriprosentti on siis ainakin osittain seurausta puitten kokoeroista.

**Kaksinkertainen kuoren paksuus, mm**  
**Double thickness of bark, mm**



Kuva 4. Kaksinkertainen kuoren paksuus lannoitetuissa ja lannoittamattomissa ruuduissa 15 metrin mäntyrungoissa eri korkeuksilla.  
 Figure 4. Double thickness of bark at different heights of the pine stems in fertilized and unfertilized parcels. Tree height 15 meters.

**Kaksinkertainen kuoren paksuus, mm**  
**Double thickness of bark, mm**



Kuva 5. Kaksinkertainen kuoren paksuus lannoitetuissa ja lannoittamattomissa ruuduissa 20 metrin mäntyrungoissa eri korkeuksilla.  
 Figure 5. Double thickness of bark at different heights of the pine stems in fertilized and unfertilized parcels. Tree height 20 meters.

## 42. Lannoituksen vaikutus kuoren määrään rungon eri korkeuksilla

### 421. Kuoren paksuus

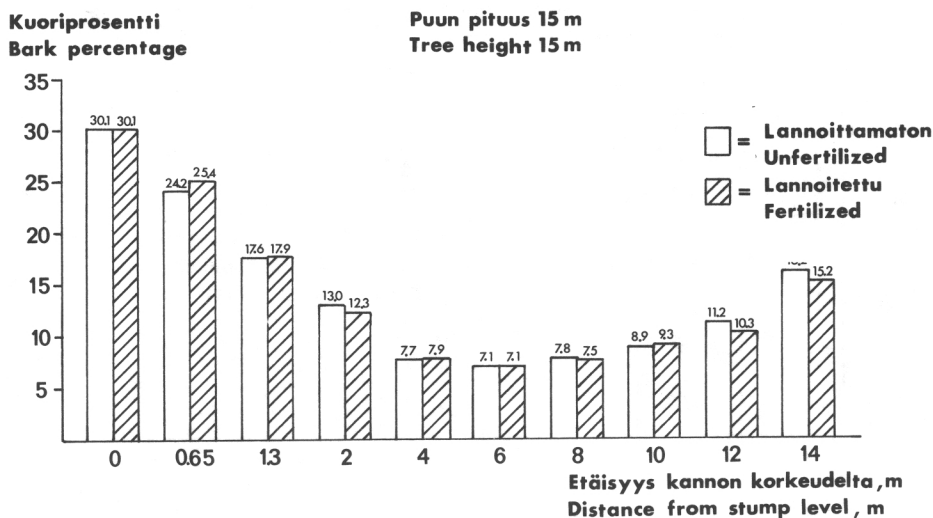
Männyn kuori jakautuu kahteen osaan, tyvestään kaarnaiseen ulkokuoreen ja sisä- eli nilakuoreen. Sisäkuoren paksuus pysyy lähes muuttumattomana kautta koko rungon ulkokuoren paksuuden vaihdellessa suuresti. Männyllä kuoren määrä keskittyy voimakkaasti rungon tyviosaan ollen myös tyvessä paksuimmillaan. Koska kuoren keskimääräiseen tilavuusprosenttiin todettiin vaikuttavan merkittävästi ainoastaan tyyppi, tarkastellaan lannoituksen vaikutusta kuoren paksuuteen rungon eri osissa ainoastaan tyypilannoituksen osalta. Termit typpellinen ja tyypetön korvataan lannoitetulla ja lannoittamattomalla.

Kuvat 4 ja 5 esittävät kuoren keskimääräisen paksuuden rungon eri korkeuksilla lannoitetuissa ja lannoittamattomissa rungoissa. Sekä 15 että 20 metrin pituisissa puissa rungon tyviosassa kuoren paksuus on noin 1 millimetriä pienempi lannoitetuilla, mutta ero tasoittuu jo 2 metrin korkeudella. Hilsekuoren osuudella, noin 25 %:n korkeudesta ylöspäin, ei eroja

ilmene. Testattaessa t-testillä lannoitettujen ja lannoittamattomien puiden kuoren paksuuseroja, todettiin ettei niillä ollut tilastollista merkitystä paksuuksissa ilmenneiden suurten hajontojen johdosta.

### 422. Kuoriprosentti

Kuten kuoren paksuuden vertailussa on myös kuoren tilavuusprosenttiin eri korkeuksilla otettu vertailukohtaksi tyypettömät ja typpelliset lannoitusruudut. Kuvista 6 ja 7 nähdään kuoriprosentin vaihtelu 15 ja 20 metrin pituisissa rungoissa. Sekä lannoitetuissa että lannoittamattomissa rungoissa kuoriprosentti laskee noin 25 %:n korkeudelle saakka puun pituudesta, jonka jälkeen tapahtuu jälleen nousua. Kohta jossa lasku lisääntyy nousuksi on kaarnaosan ja hilsekuoren rajakohta. Tasaisen paksuna pysyvän hilsekuoren osuus kasvaa latvaa kohti rungon kaventuessa. Erot lannoitettujen ja lannoittamattomien puitten välillä ovat pienet. Samoin kuin kuoren paksuudessakin oli kuoriprosentin hajonta rungon alaosassa suuri, minkä vuoksi erot eri korkeuksilla eivät osoittautuneet merkittäviksi.

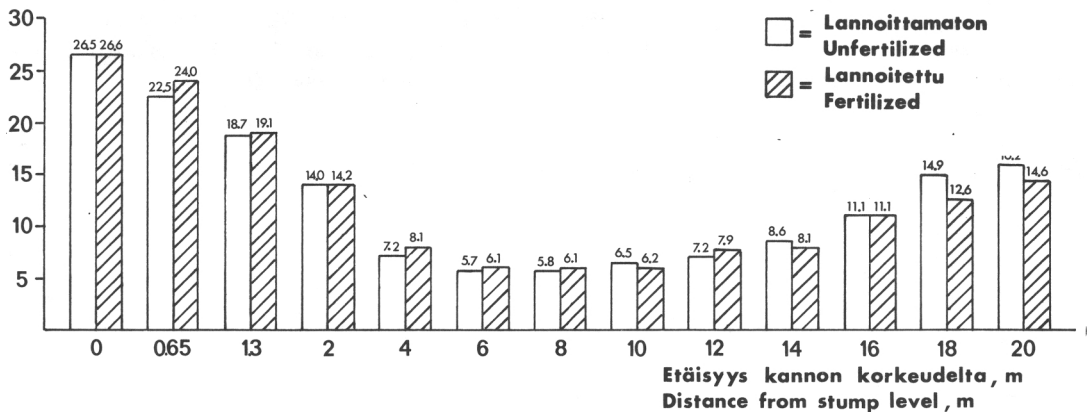


Kuva 6. Kuoriprosentti lannoitetuissa ja lannoittamattomissa 15 metrin mäntyrungoissa eri korkeuksilla.

Figure 6. Bark percentage at different heights of the pine stems in fertilized and unfertilized parcels. Tree height 15 meters.

Kuoriprosentti  
Bark percentage

Puun pituus 20 m  
Tree height 20 m



Kuva 7. Kuoriprosentti lannoitetuissa ja lannoittamattomissa 20 metrin mäntyrungoissa eri korkeuksilla.

Figure 7. Bark percentage at different heights of the pine stems in fertilized and unfertilized parcels. Tree height 20 meters.

## 5. TULOSTEN TARKASTELUA

Millä tavalla lannoitus vaikuttaa tutkimusaineiston tapaiseen 60-vuotiaaseen mäntymetsään? Lannoitteilla pyritään parantamaan kasvualustan ravinneolosuhteita lisäämällä sellaisia ravinteita, jotka ovat kasvun minimitekijöitä. Typpi oli aineiston mäntykankaalla selvästi minimitekijä, muita ravinteita näytti olevan riittävästi. Lannoitteita käytettäessä kasvu kiihtyy lisäten puun pituutta ja läpimittaa. Lannoituksen on havaittu tasoittavan eroja eri metsätyyppien välillä (Operaatio Metsänlannoitus 1969). Esim. VT metsissä on kasvuprosentti lannoituksen jälkeen saavuttanut saman suuruuden kuin MT-ryhmän metsissä.

Tutkimusaineiston koaloilla on tyypellä lannoitetuilla ruuduilla ilmeisesti tapahtunut boniteetin sekä puuston kuutiokasvun parantumista lannoittamattomiin verrattuna. Tämä on lisännyt pituus- ja paksuuskasvua. Puun suuremman koon vaikutuksesta rungon kuoren tilavuusprosentti pienenee lannoitetuissa rungoissa (vrt. ARO, ILVESSALO, ÖSTLIN), kuten tutkimustulokset osoittavat. Kuoren tilavuus oli keskimäärin puoli prosenttiyksikköä pienempi lannoitetuissa kuin lannoittamattomissa puissa (kuva 2). Puolen prosenttiyksikön ero merkit-

sisi kuorimäärältään 13.5 tilavuusprosentin puustossa noin 4 prosentin vähennystä kuoren kokonaistilavuuteen.

Kuoren paksuuksille ei saatu tilastollisesti merkitseviä eroja lannoitettujen ja lannoittamattomien ruutujen välille, vaikka kuvien 4 ja 5 mukaan paksuudet ovat hieman pienempiä lannoitetuilla. Syynä tähän oli kuoren paksuuden suuri vaihtelu varsinkin rungon alaosissa, joissa oli paksua kaarnaa. Kun kuoren kaksinkertainen paksuus 60-vuotiaissa männiköissä oli rinnankorkeudella 15–30 mm, niin lannoituksen 10-vuotiskaudella aiheuttamat vaikutukset ovat suhteellisen pienet. Tuloksissa saatiin noin 1 millimetrin ero, joka keskittyy rungon tyvi-osaan. Näyttääkin siltä, että hilsekuoren paksuus pysyy suhteellisen muuttumattomana lannoitettuun verrattaessa, ja varsinaiset muutokset tapahtuisivat rungon kaarnaosassa. Käytettäessä kuorellista rinnankorkeusläpimittaa erilaisissa mittauksissa ja tutkimuksissa, on syytä ottaa huomioon kuoren paksuuden pieneminen. Kuoren tavanomaisuudesta poikkeavaa hilseilyä ei havaittu tutkimuksessa (vrt. VIRO 1965).

Pinotavaran mittauksessa ei lannoituksella näytä olevan merkitystä, koska pinotavara on



tehty pääasiassa hilsekuoren alueelta rungossa. Tukkien mittauksessa ei kuorta oteta huomioon, koska mittaus tapahtuu kuoren alta.

Kokonaisuutena näyttää siltä, että tyyppi, joka oli ainoa merkitsevästi kasvua parantanut

ravinne lannoituskokeissa, vähentää kuoren määrää puun koon suurentumisen ja boniteetin parantumisen seurauksena. Ilmiö on samanlainen kuin siirryttäessä huonompikasvuiselta parempikasvuiselle metsätyypille.

## KIRJALLISUUTTA

- ARO, P. 1935. Tutkimuksia rinnankorkeus- ja katkaisuläpimitan vaikutuksesta käyttöpuun ja hakkuutähteiden määrään. Untersuchungen über den Einfluss des Brusthöhen – und Minimaldurchmessers auf die Menge des Gebrauchsloses. Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja 20.4.
- ERICSON, B. – FRIBERG, R. – NÖMMIK, H. 1971. Ett doseringsförsök i tall. Föreningen Skogsträdsförädling och Institutet för Skogsförbättring, 87–110. Publ. 95.
- HAKKILA, P. 1967. Vaihtelumalleja kuoren painosta ja painoprosentista. Variation patterns of bark weight and bark percentage by weight. Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja 62.5.
- ILVESSALO, Y. 1941. Metsänarvioiminen, Tappion Taskukirja: 77–116.
- ILVESSALO, Y. 1965. Metsänarvioiminen. Porvoo – Helsinki.
- KARSISTO, K. – PAAVILAINEN, E. 1969. Parkanon tutkimusaseman koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta kuoreen.
- KLEM, G. 1964. Effekten av gödsling på tre kvalitetssegenskaper hos vanlig gran. Norsk Skogbruk 18.
- Operaatio Metsänlannoitus. 1969. Vuosina 1967–68 suoritettujen mittausten tuloksia. Helsinki.
- POSEY, E.P. 1964. The effects of fertilization upon wood properties of loblolly pine (*Pinus taeda* L.). Forest Tree Improvement Program, School of Forestry, North Carolina State. Technical Report 22.
- TAMMINEN, Z. 1962. Fuktighet, volymvikt m.m. hos ved och bark. I. Tall. Moisture content, density and other properties of wood and bark. I. Scots pine. Kungl. Skogshögskolan – Institutionen för virkeslära. Uppsatser Nr 41.
- TIIHONEN, P. 1961. Männyn, kuusen ja koivun kapenemistaulukot. Aushauchungstafeln für Kiefer, Fichte und Birke. Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja 54.1.
- VIRO, P. 1965. Estimation of the effect of forest fertilization. Metsän lannoituksen vaikutuksen arvioiminen. Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja 59.3.
- ÖSTLIN, E. 1963a. Barkuppgifter för tall, gran, björk m.fl. Del I. Barkuppgifter för län, regioner. Bark data for pine, spruce, birch etc. Part I. Bark data for provinces and regions. Skogshögskolan. Institutionen för skogstaxering. Rapporter och uppsatser Nr 5.
- ÖSTLIN, E. 1963b. Barkuppgifter för tall, gran, björk m.fl. Del II. Barkuppgifter för bonitets- och åldersklasser och för olika sortiment. Bark data for pine, spruce, birch etc. Part II. Bark data for site- and ageclasses and for sawlogs and pulpwood. Skogshögskolan. Institutionen för skogstaxering. Rapporter och uppsatser Nr 6.



- No 161 Olavi Huuri: Eräiden kloorattujen hiilivetyjen vaikutuksesta männyn taimien alkukehitykseen.  
The effect of some chlorinated hydrocarbons on the initial development of planted pine seedlings. 2,50
- No 162 Veijo Heiskanen, Antero Kuronen & Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimitaan ja tukkilukuun perustuvat sahapuiden kuutioimistaulukot.  
Volume tables for saw timber stems based on the breast height diameter and the number of log per stem. 1,50
- No 163 Ilkka Kohmo: Nykymetsiköiden kasvuprosentti Suomen pohjoispuoliskossa vuosina 1969—70. 1,50
- No 164 Jouko Laasasenaho & Yrjö Sevola: Havutukkien latvamuotolukujen vaihtelu.  
The variation in top form quotients of the coniferous logs. 2,—
- No 165 Metsätalastollinen vuosikirja 1971.  
Yearbook of forest statistics 1971. 10,—
- No 166 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1970—72.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1970—72. 5,—
- No 167 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimitaan ja pituuteen perustuvat uudet puutavaralajitaulukot.  
Auf Brusthöhendurchmesser und Höhe gestützte neue Sortimententafeln. 1,50
- No 168 Lorenzo Runeberg: The future for forest-industry products in the United Kingdom. Ison-Britannian metsäteollisuustuotteiden käytön tulevaisuus. 8,—
- No 169 Veijo Heiskanen: Pinon kehysmitan mittaus ja tyhjän tilan vähennys sekä niiden tarkkuus.  
Measurement of the gross volume of a pile and deduction for empty space and their accuracy. 5,—
- No 170 Veijo Heiskanen: Pinotiheysluvun ja pinotiheystekijäin arviointi ja sen tarkkuus.  
Evaluation of the solid content and the solid content factors and its accuracy. 3,—
- No 171 Veijo Heiskanen: Hylkypölkkyjen osuuden arviointi pinomittauksessa.  
Estimation of the share of waste bolts in pile measurements. 2,—
- No 172 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoiuvuista ja kuutioimistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta. Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av beslutet av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingsstabeller för virkesmätning. 10,—
- No 173 Matti Palo & Esko Pälä: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1970 (1964, 1967).  
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1970 (1964, 1967), by districts. 5,—
- No 174 Jorma Riikonen: Kuitupuun kuoren kutistuminen metsävarastoinnissa.  
The volumetric shrinkage of pulpwood bark. 1,50
- No 175 Lauri Heikinheimo, Matti Heikinheimo & Aarne Reunala: Earnings of forest workers in Scandinavia, especially in Finland.  
Metsätyömiesten ansiot Suomessa ja muissa pohjoismaissa. 8,—
- No 176 Matti Palo & Mikko Tervo: Hakkuumäärien lyhytjaksoinen ennustaminen.  
Short-term forecasting of cut in Finland. 5,—
- No 177 Olavi Huuri: Taimitarhanoston suoritustavan vaikutus kuusen ja männyn taimien alkukehitykseen.  
The effect of nursery lifting methods on initial development of spruce and pine transplants.
- No 178 Matti Leikola & Jyrki Raulo: Tutkimuksia taimityyppiluokituksen laatimista varten III. Taimien morfologisten tunnusten muuttuminen kasvukauden aikana.  
Investigations on the basis for grading nursery stock III. Changes in morphological characteristics of nursery stock during the vegetation period. 2,—
- No 179 Paavo Valonen & Matti Ahonen: Vajaakarsinta ja silmävarainen apteeraus kuusisaha-puun teossa.  
The partial limbing and ocular marking for crosscutting in the preparation of spruce sawlogs. 4,—
- No 180 Pentti Riikonen: Havusahatukkien latvamuotoluvut erilaisia läpimittaluokituksia käytettäessä. 1,—
- No 181 Veijo Heiskanen: Havusahatukkien kapeneminen ja latvamuotoluku Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla.  
Taper and top form factor of coniferous sawlogs in Kainuu and North Ostrobothnia regions. 2,—
- No 182 Veijo Heiskanen & Jorma Riikonen: Kuitupuun kehysmitta ja pinotiheys autokuljetuksen eri vaiheissa.  
Piled measure and solid volume content of pulpwood piles in various phases of truck transportation. 2,50.
- No 183 Heikki Nikkilä: Kylkitiheysmenetelmä kuitupuupinon kiintomitan määrittämisessä.  
The pile face density method in measuring the solid volume of a pulpwood lot.
- No 184 Olavi Saikku: Lannoituksen vaikutuksesta männyn kuoren määrään kangasmaalla.  
The effect of fertilization on the amount of the bark of Scotch pine in forest land. 1,50

Myynti — Available for sale at: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, p. 645 121  
Merkintä ODC tarkoittaa metsäkirjallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää